

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-341039

(43)Date of publication of application : 22.12.1998

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 10-098687

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 10.04.1998

(72)Inventor : ISHIKAWA HIROCHIKA  
SUGAWARA HIDETO

(30)Priority

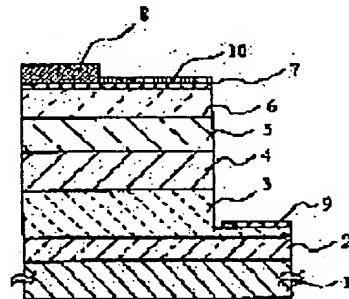
Priority number : 09 92106    Priority date : 10.04.1997    Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND FABRICATION THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make uniform the current distribution in an emission region, i.e., an N type  $\text{GaIn}_{1-x}\text{N}$  emission layer, by employing a metal film containing oxygen as a first thin film.

SOLUTION: A GaN buffer layer 2, an N type  $\text{GaAl}_y\text{N}$  clad layer 3, a  $\text{GaIn}_{1-x}\text{N}$  emission layer 4, a P type  $\text{GaAl}_y\text{N}$  clad layer 5, and a P type GaN contact layer 6 are formed on a substrate 1. A magnesium film is formed, as a P type electrode 7, entirely on the surface of the P type GaN contact layer 6 and a protective film 10 is formed thereon except the bonding pad part. On the other hand, a bonding pad 8 is formed on the P type electrode 7. Since a metal film is employed as the P type electrode 7, variation of current density is suppressed in a light emitting element to realize a uniform current density and thereby a uniform emission.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-341039

(43) 公開日 平成10年(1998)12月22日

(51) IntCl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

E

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-98687

(22) 出願日 平成10年(1998)4月10日

(31) 優先権主張番号 特願平9-92106

(32) 優先日 平9(1997)4月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 石川 博規

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

(72) 発明者 菅原 秀人

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

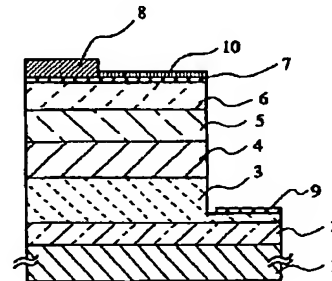
(74) 代理人 弁理士 外川 英明

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】半導体発光素子の高抵抗のP型単結晶表面に設けられ、電気抵抗が低く、かつ、発光素子から発光した光の透過率の良い、P型電極、およびその製造方法を得ること。

【解決手段】電極材料として電気抵抗が低く、光透過率の良いマグネシウムないしその酸化物を使用する。更に、マグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜とチタン等の膜を積層して形成することにより、マグネシウム等の膜形成を安定して行い、経時変化の少ない電極膜を得る。一方、ワイヤボンディング等の為に最小限面積の金を形成する。



- 1・・・サファイア基板 2・・・GaNバッファ層 (アモルファス層)  
 3・・・N型GaInNクラッド層  
 4・・・N型GaInN発光層  
 5・・・P型GaInNクラッド層 6・・・P型GaNコンタクト層  
 7・・・P型電極 8・・・ボンディングパッド 9・・・N型電極  
 10・・・保護膜

【請求項 6】 N 型半導体層上に直接または間接に接合形成された P 型半導体層を形成する工程と、前記 P 型半導体層の表面全面にマグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜、ないしそれらの積層膜よりなる第一の薄膜を形成する工程、前記第一の薄膜の表面全面に保護膜を形成

50

【0003】図9は、従来の窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図である。結晶成長の基板となるサファイア基板1上に、MOCVD法により、窒化ガリウム（以下Ga<sub>N</sub>と記す）バッファ層2、N型窒化ガリウムアルミニウム（以下Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>N（0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1、x + y = 1）と記す）クラッド層3、N型窒化インジウムガリウム（以下Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>N（0 ≤ x ≤ 1）と記す）

す) 発光層4、P型 $Ga_xAl_{1-x}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $x+y=1$ ) クラッド層5、P型 $GaN$ コンタクト層6がこの順に積層形成されている。

【0004】そして、この積層の一部が、表面からN型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド層3に至るまで除去されており、そこに露出したN型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド層3表面にN型電極9が形成されている。

【0005】また、P型 $GaN$ コンタクト層6表面にはニッケル、金、ニッケル、金の順に積層形成され、かつ、ワイヤボンディングに必要な部分のみを残して不要な部分を除去し形成されてなる、P型電極を兼ねたボンディングパッド8が設けられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の半導体発光素子では、P型 $GaN$ コンタクト層6、およびP型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド層5の比抵抗が高いため、P型 $GaN$ コンタクト層6、P型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド層5内での、ボンディングパッド8より注入された電流の横方向への広がりが少ない。このため、発光領域であるN型 $Ga_{1-x}In_xN$ 発光層4内での電流分布が均一にならず、局部的になってしまう。一般に半導体発光素子の発光領域での発光量はほぼ注入電流に比例するが、注入電流が過大になると、次第に発光量は飽和してくる。このため、上記のように、N型 $Ga_{1-x}In_xN$ 発光層4内で電流分布が不均一の場合は、発光量も $Ga_{1-x}In_xN$ 発光層4内で不均一となり、全体の発光量も低下してしまうという問題がある。

【0007】ところで、上記の問題を解決するために、P型電極を兼ねたボンディングパッド8を、P型 $GaN$ コンタクト層6表面全面に形成し、N型 $Ga_{1-x}In_xN$ 発光層4内で電流を素子全体に流れるようにして、電流分布を均一にさせることが考えられる。しかしながら、P型電極はニッケル、金、ニッケル、金で構成される積層金属膜であり、このうち特にニッケルは、図6に示すように波長0.4ないし0.9ミクロン程度の可視光領域で光の透過率が悪く、電極膜として必要とされる10nm程度の厚さに形成した場合には、例えば波長0.5ミクロンの光に対しては光透過率は7%程度に低下してしまう。更に、前記積層金属膜最上部の金は、ボンディングパッドとして1ミクロン程度に厚く形成する必要があるため、ニッケルを透過した光もほとんど全て金に吸収されてしまい、P型電極を透過しての発光は期待できない。

【0008】本発明は上記の問題に鑑みてなされたものであり、発光領域であるN型 $Ga_{1-x}In_xN$ 発光層4内での電流分布が均一になり、かつ、P型電極膜を通して十分に光が透過する電極膜を有する半導体発光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の問題を解決するた

め、本発明に係る半導体発光素子では、N型半導体層と、前記N型半導体層上に直接または間接に接合形成されたP型半導体層と、最外層の前記N型半導体層の表面の一部に形成された下部電極と最外層の前記P型半導体層の表面はほぼ全面に形成された光透過率が高く且つ低抵抗を有する第一の薄膜と、前記第一の薄膜上の一部に形成された上部電極とを有することを特徴とする。また、前記第一の薄膜が酸素を含む金属膜であることを特徴とする。

10 【0010】また、前記第一の薄膜がマグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜、ないしはそれらを含む積層膜であることを特徴とする。また、前記上部電極が金からなり、且つ前記上部電極と前記第一の薄膜との間に第二の薄膜が設けられていることを特徴とする。

【0011】また、前記第二の薄膜が、チタン、窒化チタン、ニッケル、白金、パラジウム、スカンジウム、ハフニウム、ジルコニウムの何れか一つよりなる膜、ないしはそれらの積層膜からなることを特徴とする。

20 【0012】また、少なくとも前記上部電極が形成されていない第一の薄膜の表面が酸化珪素膜または窒化珪素膜ないしその積層膜よりなる電極保護膜で覆われていることを特徴とする。

【0013】また、前記P型および前記N型半導体層が窒化ガリウム系半導体 ( $Ga_xAl_{1-x}In_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ )) であることを特徴とする。

30 【0014】また、本発明に係る半導体発光素子では、サファイア基板と、前記サファイア基板上に積層形成された $GaN$ バッファ層と、前記 $GaN$ バッファ層上の一部に積層形成されたN型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $x+y=1$ ) 層と、前記N型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド層上に積層形成された $Ga_xAl_{1-x}In_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ ) 発光層と、前記 $Ga_xAl_{1-x}In_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ ) 発光層上に積層形成されたP型 $Ga_xAl_{1-x}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $x+y=1$ ) クラッド層と、前記P型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド層上に積層形成されたP型 $GaN$ コンタクト層と、前記N型 $Ga_xAl_{1-x}N$ クラッド層上の露出面に形成された下部電極と、前記P型 $GaN$ コンタクト層上の全面に形成された第一の薄膜と、前記第一の薄膜上の一部に形成された上部電極と、前記第一の薄膜の露出部を少なくとも覆う酸化珪素膜または窒化珪素膜保護膜とを具備し、前記第一の薄膜がマグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜、ないしそれらの積層膜よりなることを特徴とする。

40 【0015】また、前記第一の薄膜と前記上部電極との間に、チタン、窒化チタン、ニッケル、白金、パラジウム、スカンジウム、ハフニウム、ジルコニウムの何れか一つを含む第二の薄膜が設けられていることを特徴とする。

【0016】また、本発明に係る半導体装置の製造方法では、N型半導体層上に直接または間接に接合形成されたP型半導体層を形成する工程と、前記P型半導体層の表面全面にマグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜、ないしそれらの積層膜よりなる第一の薄膜を形成する工程、前記第一の薄膜の表面全面に保護膜を形成する工程、前記保護膜上の上部電極形成予定領域以外の部分にレジスト膜を形成する工程、前記レジスト膜をマスクに保護膜をエッチング除去する工程、前記エッチングにより露出したマグネシウム薄膜部分上に上部電極を形成する工程、前記レジスト膜を除去する工程、をこの順に含むことを特徴とする。

【0017】また、本発明に係る半導体装置の製造方法では、N型半導体層上に直接または間接に接合形成されたP型半導体層を形成する工程と、前記P型半導体層の表面全面にマグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜、ないしそれらの積層膜よりなる第一の薄膜を形成する工程、前記第一の薄膜上の上部電極形成予定領域以外の部分にレジスト膜を形成する工程、前記第一の薄膜部分、レジスト膜部分上に、チタン、窒化チタン、ニッケル、白金、パラジウム、スカンジウム、ハフニウム、ジルコニウムの何れか一つを含む第二の薄膜を形成する工程、上部電極を形成する工程、前記レジスト膜を除去する工程、露出した第一の薄膜全面に保護膜を形成する工程、をこの順に含むことを特徴とする。

【0018】また、本発明に係る半導体発光素子では、N型半導体層と、前記N型半導体層上に直接または間接に接合形成されたP型半導体層と、最外層の前記N型半導体層の表面の一部に形成された下部電極と最外層の前記P型半導体層の表面はば全面に形成されたマグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜、ないしはそれらの積層膜からなる第一の薄膜と、前記第一の薄膜上に形成された金薄膜と、前記第一の薄膜上ないし前記金薄膜上の一部に形成された上部電極とを有することを特徴とする。

【0019】また、前記第一の薄膜が100nm以下であり、前記金薄膜が50nm以下であることを特徴とする。また、前記第一の薄膜が酸素の原子組成比0.1%ないし30%の酸素を含むマグネシウム膜であることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】

（第一の実施の形態）以下に、本発明の第一の実施の形態に係る半導体発光素子につき、図1を用いて詳細に説明する。

【0021】図1は半導体発光素子の断面構造を示したものである。サファイア基板1上にGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>バッファ層2、N型Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>N（ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y = 1$ ）クラッド層3（最外層のN型半導体層）、Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>N（ $0 \leq x \leq 1$ ）発光層4、P型Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>N

（ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y = 1$ ）クラッド層5、P型Ga<sub>x</sub>Nコンタクト層6（最外層のP型半導体層）がこの順に積層形成されている。

【0022】半導体発光素子の一部は、表面からN型Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>Nクラッド層3に至るまで除去されており、そこに露出したN型Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>Nクラッド層3表面にN型電極9（下部電極）が形成されている。

【0023】また、P型Ga<sub>x</sub>Nコンタクト層6表面には全面にマグネシウムよりなる厚さ5nmの膜がP型電極7（第一の薄膜）として形成されており、ボンディングパッド部分を除くP型電極7上には、P型電極7に積層して窒化珪素ないし酸化珪素よりなる保護膜10が形成されている。一方、ボンディングパッド部分には、P型電極7に積層して金よりなるボンディングパッド8（上部電極）が形成されている。

【0024】上記の半導体発光素子では、P型電極7として、P型Ga<sub>x</sub>Nコンタクト層6との間で容易に低抵抗のオーミック接触を得ることが出来るマグネシウム膜を用いている。しかもそれが、P型Ga<sub>x</sub>Nコンタクト層6領域表面全面に形成されている。このため、P型Ga<sub>x</sub>Nコンタクト層6表面全面より電流が注入されることにより、発光素子内部での電流密度のばらつきが少なく均一な電流注入が実現でき、均一な発光が可能となっている。

【0025】しかも、厚さ7.5nmの各種の金属薄膜の400nmから900nmの光の透過率を示した図6から明らかなように、従来P型電極として用いられてきたチタン、白金、ニッケルの透過率は窒化ガリウム系半導体発光素子の発光波長である400nmないし500nmの波長領域で何れも30%ないし40%程度と考えられるのに対して、マグネシウムは、500nm程度の短波長の可視光領域で50%程度の透過率を有している。この為、発光素子内部で発光した光を効率よく外部に取り出すことができる。

【0026】また、メタルズレファレンスブック第5版（1976年、Butterworths）によれば、20℃での電気抵抗率は、金が $2.2 \times 10^{-8}$ （Ω・cm）、マグネシウムが $4.2 \times 10^{-8}$ （Ω・cm）、ニッケルが $6.9 \times 10^{-8}$ （Ω・cm）、白金が $10.58 \times 10^{-8}$ （Ω・cm）であり、マグネシウムの電気抵抗は金に次いで、ニッケル、白金よりも低い。このため、マグネシウム膜を用いれば、P型電極7の膜厚を更に薄くでき、外部への光の取り出し効率を向上させることができる。

【0027】上記の半導体発光素子では、更に、マグネシウム膜であるP型電極7上に酸化珪素膜、窒化珪素膜ないしはその積層膜よりなる電極保護膜10が形成されている。この電極保護膜によってマグネシウムの過度な酸化及び汚染が防止され、P型電極7の特性を長期間安定したものとすることができる。

【0028】尚、上記第一の実施の形態では、P型電極7として、マグネシウム膜を用いたが、これに替えて酸素を含むマグネシウム膜、ないしは、それらの積層膜を用いてもよい。

【0029】図7は、厚さ7.5nmの酸素を含むマグネシウム膜における波長500nmの光の透過率の酸素含有量依存性を示した図である。ここに示したように、酸素を含むマグネシウム膜は、マグネシウム膜と比較して光透過率に優れており、たとえば、波長500nmの光の透過率で比較した場合、7.5nmの膜厚のマグネシウム膜では前述のように光の透過率は約50%であったのに対し、同様の膜厚のとき、原子組成比で約30%の酸素を含むマグネシウム膜では約70%の光の透過率が得られた。

【0030】一方、図8は酸素を含むマグネシウム膜の抵抗率の酸素含有量依存性を示した図である。ここに示したように、上述の酸素の原子組成比が約30%の酸素を含むマグネシウム膜の抵抗率はほぼ $3 \times 10^{-6}$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )程度であり、マグネシウム膜の抵抗率とはほぼ同様の値であった。このため、マグネシウム膜に替えて酸素を含むマグネシウム膜ないし、それらの積層膜を用いた場合でも、積層膜の合計膜厚を上述の本発明の第一の実施の形態におけるマグネシウム膜の厚さと同等に保つことにより、電気伝導性に支障を来たすことなく、P型電極7の光透過率を更に向上させることができる。また、この場合、酸素を含むマグネシウム膜、ないし、マグネシウム膜と酸素を含むマグネシウム膜との積層膜中での酸素原子比の膜内でのばらつきは特に特性に支障を及ぼさなかった。

【0031】上記の半導体発光素子でも、酸素を含むマグネシウム膜ないし、マグネシウム膜と酸素を含むマグネシウム膜の積層膜であるP型電極上に更に酸化珪素ないし窒化珪素よりなる電極保護膜10が形成されている。この電極保護膜によって、酸素を含むマグネシウム膜ないし、マグネシウム膜と酸素を含むマグネシウム膜の積層膜の汚染および過度の酸化が防止され、P型電極7の特性を長期間安定したものとすることができる。

【００３２】次に本発明の第一の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法に付き図２を用いて詳細に説明する。図２は、Ｐ型ＧａＮコンタクト層６上へのＰ型電極の形成部分のみを示したものである。

【0033】まず、P型Ga<sub>2</sub>Nコンタクト層6上に、マグネシウム膜(P型電極7)、二酸化珪素保護膜10を電子ビーム蒸着法により連続して形成する。ここで、P型電極7は5nm程度、二酸化珪素保護膜は100nm程度に形成すれば良い(図2(A))。

【００３４】引き続き、ボンディングパッドを形成すべき部分を除いて全面にレジスト膜２１を形成する（図２（Ｂ））。次にレジスト膜２１をマスクとして、露出した保護膜１０を除去し（図２（Ｃ））、全面に真空蒸着

法により金よりなるボンディングパッド8、81を形成する。この際、P型電極7上のボンディングパッド8と、レジスト膜21上のボンディングパッド81とが分離されるように形成する(図2(D))。

【0035】次に、レジスト膜21を除去することによりレジスト膜21上のボンディングパッド81も除去され、P型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層6上に、マグネシウムによるP型電極膜7を全面に有し、必要な部分のみに厚い金よりなるボンディングパッド8が形成され、残りの部分に保護膜10の形成された電極構造を得ることができる(図2(E))。

【0036】上記の方法によれば、一回のP型電極7、保護膜10の連続したスパッタ法による形成により、P型GaNコンタクト層6（P型半導体結晶）表面全面に電極膜を形成できる。また、必要な部分のみにボンディングパッド8を持つ半導体発光素子を得ることができる。

【0037】（第二の実施の形態）次に、本発明の第二の実施の形態に係る半導体発光素子に付き、図3を用いて詳細に説明する。

【0038】尚、図3で、図1と同一の部分には同一の記号を付し説明を省略する。図3に示した本発明の第二の実施の形態では、ボンディングパッド8は、厚さ3nm程度のチタン膜（ボンディングパッドの第1層8A（第二の薄膜））と、厚さ1ミクロン程度 of 金膜（ボンディングパッドの第2層8B（上部電極））の2層に形成されている。また、電極保護膜10は、P型電極7（マグネシウム膜）の露出部全体を覆った上、ボンディングパッド8の側面を覆って、一部がボンディングパッドの第2層8B上面に達している。この構造の半導体発光素子では、本発明の第一の実施の形態で述べた利点に加え、P型電極7上の金膜（ボンディングパッドの第2層8B）の下部にチタン膜（ボンディングパッドの第1層8A）が形成されている。このチタン膜により、マグネシウムと金との相互拡散が防止でき、ボンディングパッドにボンディングする際のボンディング強度の低下の防止をはかることができる。

【0039】ここで、チタンの代わりに、窒化チタン、ニッケル、白金、パラジウム、スカンジウム、ハフニウム、ジルコニウムを用いてボンディングパッドの第1層8Aを形成してもよい。

【0040】これらの金属ないし金属化合物は何れも1400度以上の高い融点を持ち、融点1000度ないしそれ以下の金とマグネシウムの相互拡散を効果的に防止することが出来、ボンディングパッド8Bにワイヤボンディングを行う際に、ボンディングパッド8B表面に拡散したマグネシウムの酸化物によりボンディング強度が低下することを防止することが出来る。尚、上記の本発明の第二の実施の形態に係る半導体発光素子でボンディングパッドの第1層8Aをボンディングパッドの第2層

8Bの下部だけでなく、P型電極7の上面全面に形成してもよい。

【0041】このことにより、P型電極7の保護効果を更に高めることが出来る。また、上記のボンディングパッドの第1層に用いた金属薄膜の、厚さ75オングストロームのときの波長450nmの光の透過率は、実験によれば、例えば窒化チタンで72%、白金で30%、金で50%であった。これらの値は、図6に示した光透過率データと、金では良い一致を示している。また、白金では、図6に波長450nmのデータは無いものの、長波長側から外挿すればほぼ一致していると考えられる。これらのデータから、上記の実験データにおける窒化チタンの透過率(72%)と、図6に示したチタンの透過率(約35%)は同一基準で比較可能と考えられ、このことから、窒化チタンをボンディングパッドの第一層8Aとして用いた場合、チタン単体を用いた場合と比較して大幅な光透過率の改善を期待できる。このことから、ボンディングパッドの第1層8Aとして窒化チタンを用い、P型電極7の上面全面に形成した場合、P型電極7を透過する光量をあまり減少させずにP型電極の保護効果を得ることが出来る。

【0042】上記の本発明の第二の実施の形態に係る半導体発光素子においても、第一の実施の形態に係る半導体発光素子における場合と同様に、P型電極7として、マグネシウム膜に代えて酸素を含むマグネシウム膜ないし、それらの積層膜を用いてもよい。これにより、電気伝導性に支障を来すことなく、P型電極7の光透過率を更に向上させることができる。

【0043】次に本発明の第二の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法につき図4を用いて詳細に説明する。図4は、P型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層6上へのP型電極の形成部分のみを示したものである。

【0044】まず、P型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層6上表面に、電子ビーム蒸着法によりマグネシウム膜(P型電極7)を5nm程度形成する(図4(A))。引き続き、ボンディングパッドを形成すべき部分を除いて全面にレジスト膜21を形成する(図4(B))。

【0045】次にレジスト膜21をマスクとして、全面に、電子ビーム蒸着法により、チタンよりなるボンディングパッドの第1層8A、8A1、金よりなるボンディングパッドの第2層8B、8B1を積層形成する。この際、P型電極7上のボンディングパッド8A、8Bと、レジスト膜21上のボンディングパッド8A1、8B1とが分離されるように形成する(図4(C))。

【0046】次に、レジスト膜21を除去することによりレジスト膜21上のボンディングパッド8A1、8B1も共に除去され、P型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層6上に、マグネシウムによるP型電極膜7を全面に有し、必要な部分のみに、チタンよりなるボンディングパッドの第1層8A、厚い金よりなるボンディングパッドの第2層8B

の形成された電極構造を得ることができる(図4(D))。

【0047】更にボンディングパッドの第2層8B表面のボンディングに用いる部分を除いて、全面に保護膜10を形成する(図4(E))。上記の方法によれば、マグネシウム膜(P型電極7)、金よりなるボンディングパッドの第2層8B、チタンよりなるボンディングパッドの第1層8Aをそれぞれおのおの1回の成膜で簡便に形成できる。

10 【0048】ここで、チタンに替えて、窒化チタン、ニッケル、白金、パラジウム、スカンジウム、ハフニウム、ジルコニウムの何れかをを用いてボンディングパッドの第1層8Aを形成してもよい。

【0049】尚、上記第一の実施の形態、または第二の実施の形態に係る発光素子の製造方法で、最初に、ボンディングパッドを形成する領域のみに、P型電極7、ボンディングパッド8、またはボンディングパッドの第1層8A、ボンディングパッドの第2層8Bを連続して形成し、次に、基板上全面に、再度P型電極7、保護膜10を形成し、その後にボンディングパッド上面のみに開口を形成しても良い。

【0050】このようにすることにより、マグネシウム膜(P型電極7)の表面を一度も空気中に暴露することなく発光素子を製造することができ、雰囲気からのマグネシウム膜(P型電極7)の汚染を抑えることができる。

【0051】更に、P電極7として、マグネシウム膜に替えて、酸素を含むマグネシウム膜、ないしは、マグネシウム膜と酸素を含むマグネシウム膜の積層膜を用いてもよい。

【0052】マグネシウム膜に替えて、酸素を含むマグネシウム膜を形成する場合には、マグネシウムと酸化マグネシウムの混合体をターゲットとしてスパッタ法によって形成すればよい。

【0053】また、電子ビーム蒸着法によりマグネシウム膜を形成した後に酸素を1ppmないし1000ppm含む窒素ガス、アルゴンガス等の不活性ガス雰囲気中で、600°C程度で熱処理を行うことによって酸素を含むマグネシウム膜を形成してもよい。このような処理を行うことにより、保護膜10を透過してマグネシウム膜7に酸素が到達し、酸化の度合いに応じて酸素を含むマグネシウム膜ないしは酸素を含むマグネシウム膜とマグネシウム膜の積層膜を形成することが出来る。

【0054】(第三の実施の形態)次に本発明の第三の実施の形態に係る半導体発光素子につき図5を用いて詳細に説明する。

【0055】図5で、図1と同一の部分については同一の記号を付し説明を省略する。図5に示した本発明の第三の実施の形態に係る半導体発光素子では、P型電極7は、マグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜、ない



しは、それらの積層膜のみではなく、それらの膜（P型電極の第1層7A）と、金薄膜（P型電極の第2層7B）の積層膜として形成されている。

【0056】このような構造を用いることにより、マグネシウム等の膜（P型電極の第1層7A）は、電極保護膜10に加えて更に金薄膜（P型電極の第2層7B）で保護され、過度な酸化、汚染等が無い、安定したものとなる。

【0057】また、上記の本発明の第三の実施の形態では、P型電極7の膜厚を、マグネシウム等の膜（P型電極の第1層7A）と金薄膜（P型電極の第2層7B）あわせて5nm以下にすることにより、上記の本発明の第一の実施の形態と比較して更に光の透過率を向上させることができ、かつ、良好な電気伝導性を持つP型電極7を得ることができる。

【0058】また、上記の本発明の第三の実施の形態で、電極保護膜10をボンディングパッド8の側面を覆ってボンディングパッド8の上面に達するまで形成することにより、P型電極7の側面からの劣化を防止することができ、長期間特性の安定したP型電極を得ることができる。

【0059】また、上記の本発明の第三の実施の形態で、P型電極の第1層7AとP型電極の第2層7Bの間に、チタン、窒化チタン、ニッケル、白金、パラジウム、スカンジウム、ハフニウム、ジルコニウムの何れかからなる薄膜を形成しても良い。これによりマグネシウム等の膜（P型電極の第1層7A）と金薄膜（P型電極の第2層7B）間の相互拡散を防止し、P型電極の変質を更に防止することが出来、また、ボンディングパッド8のボンディング不良も防止することが出来る。次に本発明の第三の実施の形態の変形例につき詳細に説明する。

【0060】本変形例では、図5のP型電極の第2層7Bとして、第三の実施の形態の金薄膜に替えてITO（Indium Tin Oxide）膜を用いている。ITO膜は、10nm程度の膜厚であれば光透過率は殆ど100%であり、更に効果的に光透過率を向上させることが出来る。また、上記の理由から光透過率を落とすことなくITO膜厚を厚くすることが可能であり、図5の保護膜10を省略しても過度な汚染等はなく安定したP型電極を得ることが出来る。

【0061】上記の各実施の形態にかかる半導体発光素子ではP型電極7の膜厚5nmの場合についてのべたが、本発明の実施はこれに限ることはなく、P型電極の膜厚100nm程度まで本発明の効果を享受することが出来る。

【0062】また、上記の各実施の形態にかかる半導体発光素子では、低抵抗のP型結晶の得にくい窒化ガリウム系の半導体発光素子を例にとって説明したが、本発明の適用はこれに限るものではなく、ヒ化ガリウム、燐化

ガリウムなどの、マグネシウム、酸素を含むマグネシウムがP型の不純物として作用する各種の半導体発光素子に適用することが可能である。

【0063】さらに、上記の各実施の形態では、薄膜としてマグネシウム膜、酸素を含むマグネシウム膜を例にとって説明したが、本発明の適用はこれに限るものではなく、マグネシウムに替えて半導体中でP型不純物となる亜鉛、カドミウム等を用いても本発明の効果を享受することが可能である。

【0064】

【発明の効果】以上述べたように、本発明を用いることにより、電流広がりが大きく、また光取り出し量の大きい半導体発光素子およびその電極形成方法を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施の形態に係る半導体発光素子の断面構造を示した図である。

【図2】本発明の第一の実施の形態に係る半導体発光素子の電極形成工程の工程断面図である。

【図3】本発明の第二の実施の形態に係る半導体発光素子の断面構造を示した図である。

【図4】本発明の第二の実施の形態に係る半導体発光素子の電極形成工程の工程断面図である。

【図5】本発明の第三の実施の形態に係る半導体発光素子の断面構造を示した図である。

【図6】厚さ7.5nmの各種の金属薄膜の400nmから900nmの光の透過率を示した図である。

【図7】厚さ7.5nmの酸素を含むマグネシウム膜における波長500nmの光の透過率の酸素含有量依存性を示した図である。

【図8】酸素を含むマグネシウム膜の抵抗率の酸素含有量依存性を示した図である。

【図9】従来の窒化ガリウム系半導体発光素子の断面構造を示したものである。

【符号の説明】

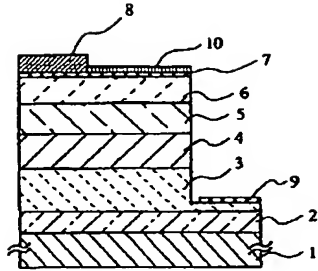
- 1・・・サファイア基板
- 2・・・Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>バッファ層（アモルファス層）
- 3・・・N型Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>N（0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, x + y = 1）クラッド層
- 4・・・N型Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>N<sub>y</sub>発光層
- 5・・・P型Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>N（0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, x + y = 1）クラッド層
- 6・・・P型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>コンタクト層（P型半導体層）
- 7・・・P型電極
- 7A・・・P型電極の第1層
- 7B・・・P型電極の第2層
- 8、81・・・ボンディングパッド
- 8A、8A1・・・ボンディングパッドの第1層
- 8B、8B1・・・ボンディングパッドの第2層
- 9・・・N型電極



10・・・保護膜

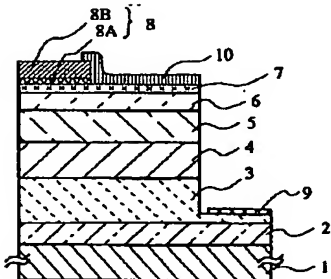
\* \* 21・・・レジスト膜

【図1】



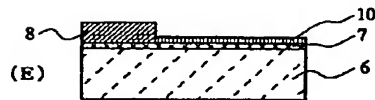
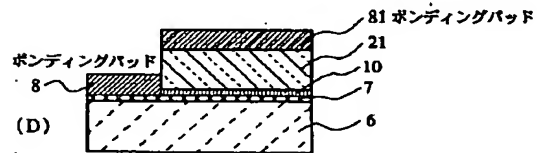
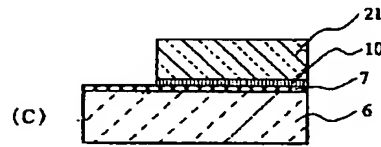
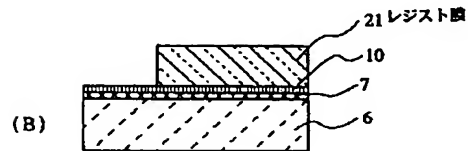
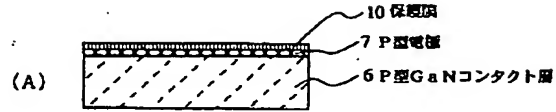
- 1・・・サファイア基板 2・・・GaNバッファ層 (アモルファス層)  
 3・・・N型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層  
 4・・・N型Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>N発光層  
 5・・・P型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層 6・・・P型GaNコンタクト層  
 7・・・P型電極 8・・・ボンディングパッド 9・・・N型電極  
 10・・・保護膜

【図3】

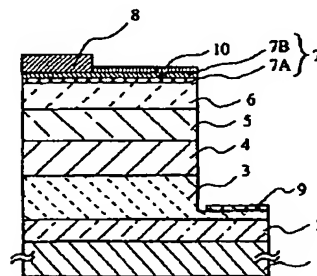


- 1・・・サファイア基板 2・・・GaNバッファ層 (アモルファス層)  
 3・・・N型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層  
 4・・・N型Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>N発光層  
 5・・・P型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層 6・・・P型GaNコンタクト層  
 7・・・P型電極 8・・・ボンディングパッド  
 8A・・・ボンディングパッドの第1層  
 8B・・・ボンディングパッドの第2層  
 9・・・N型電極 10・・・保護膜

【図2】

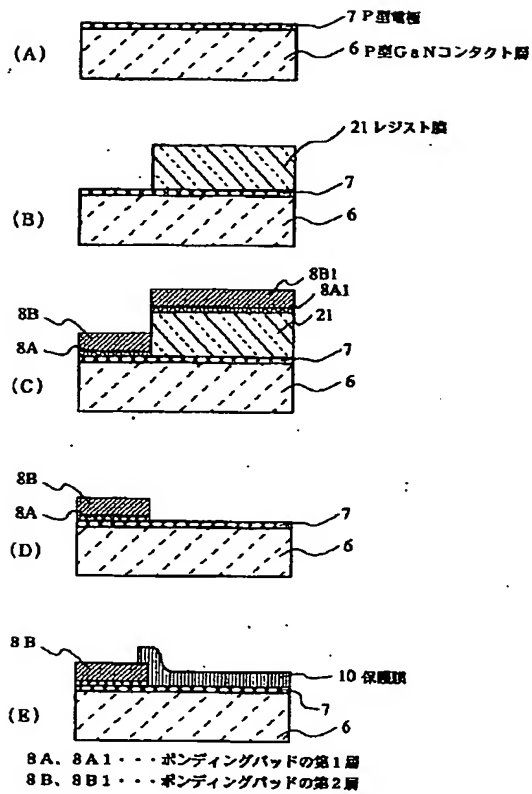


【図5】

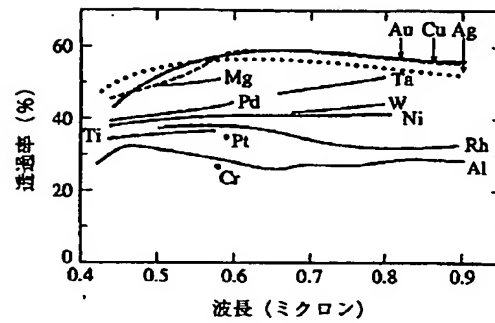


- 1・・・サファイア基板 2・・・GaNバッファ層 (アモルファス層)  
 3・・・N型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層  
 4・・・N型Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>N発光層  
 5・・・P型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層 6・・・P型GaNコンタクト層  
 7・・・P型電極  
 7A・・・P型電極の第1層 7B・・・P型電極の第2層  
 8・・・ボンディングパッド 9・・・N型電極 10・・・保護膜

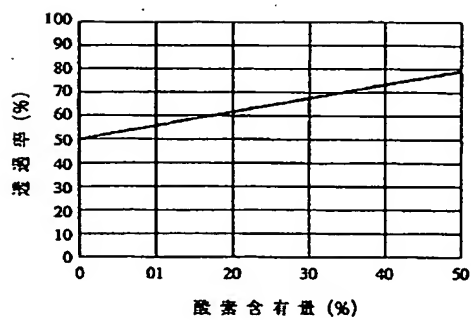
【図4】



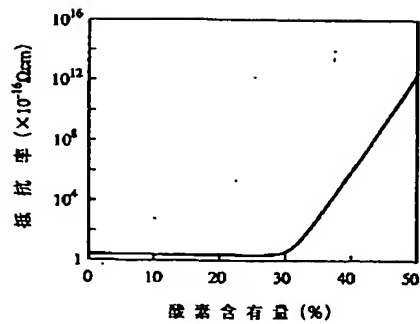
【図6】



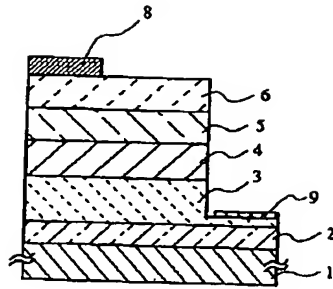
【図7】



【図8】



【図9】



- 1・・・サファイア基板    2・・・GaNバッファ層（アモルファス層）  
 3・・・N型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層  
 4・・・N型Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>N発光層  
 5・・・P型Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Nクラッド層    6・・・P型GaNコンタクト層  
 8・・・ボンディングパッド    9・・・N型電極

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**